

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

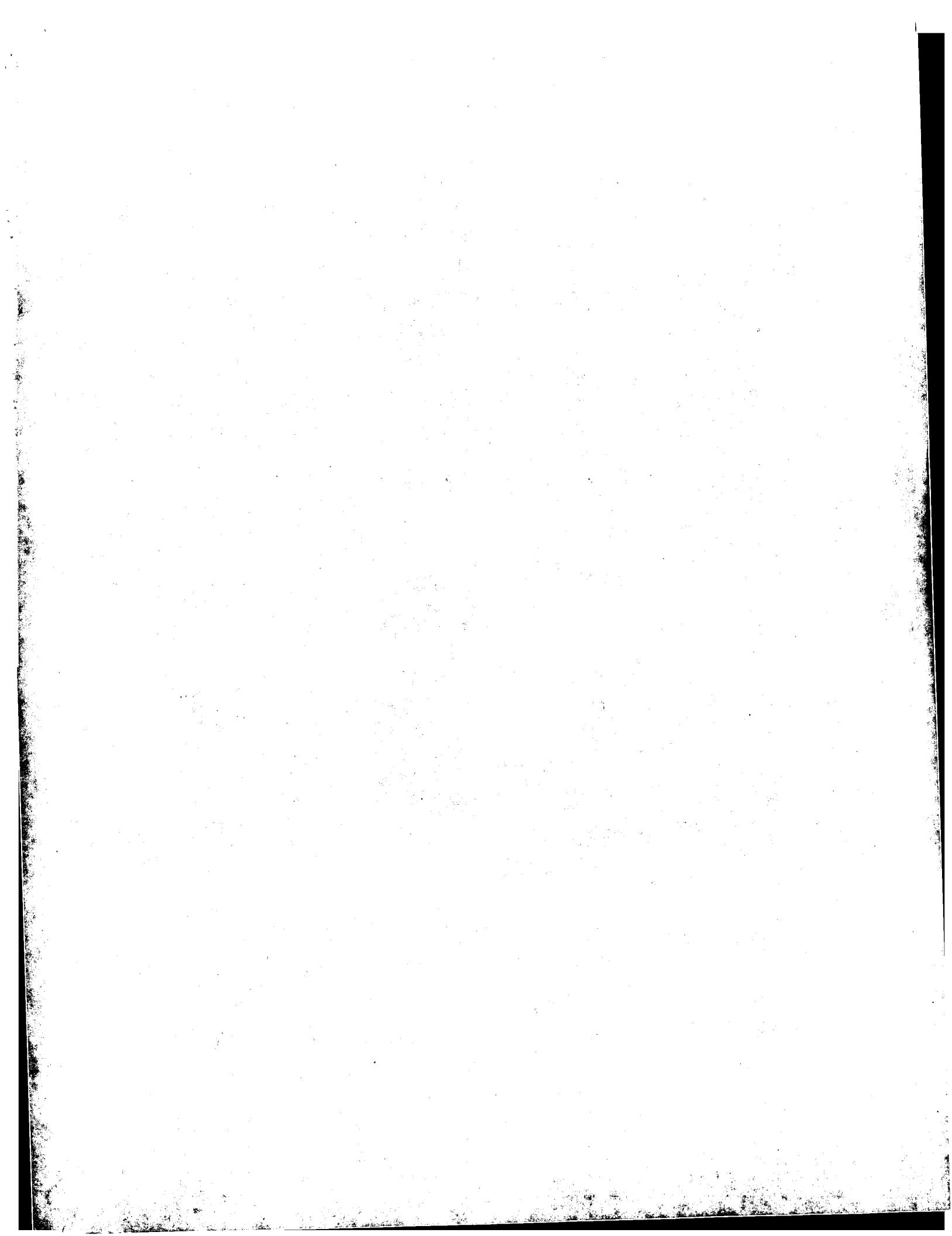
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 198 17 091 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
C 23 C 24/10  
B 23 K 26/00

DE 198 17 091 A 1

⑯ Aktenzeichen: 198 17 091.2  
⑯ Anmeldetag: 17. 4. 98  
⑯ Offenlegungstag: 21. 10. 99

⑯ Anmelder:

NU TECH Gesellschaft für Lasertechnik  
Materialprüfung und Meßtechnik mbH, 24536  
Neumünster, DE; VAW motor GmbH, 53117 Bonn,  
DE

⑯ Vertreter:

Harwardt Neumann Patent- und Rechtsanwälte,  
53721 Siegburg

PCT international application filed 1-21  
See whole document  
- but not in English

⑯ Erfinder:

Bady, Torsten, 23826 Todesfelde, DE; Lensch,  
Günter, Dr., 22607 Hamburg, DE; Bohling, Michael,  
28203 Bremen, DE; Fischer, Alfons, Prof. Dr., 45239  
Essen, DE; Feikus, Franz-Josef, Dr., 53123 Bonn, DE;  
Sach, Achim, 53757 Sankt Augustin, DE

⑯ Entgegenhaltungen:

DE 1 95 33 960 C2  
DE 1 96 39 480 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren zur Herstellung eines Werkstücks mit einer verschleißbeständigen Oberfläche

⑯ Verfahren zur Herstellung eines Werkstücks mit einer verschleißbeständigen Oberfläche, insbesondere eines Leichtmetallmotorblockes mit verschleißbeständigen Innenkolbenlauflächen, wobei mit einer Sonde zusammen mit der kontinuierlichen Zuführung von Siliziumpulver in einem Förder- und Schutzgas ein Energierstrahl auf einen sich spiraling wandern definierten Oberflächenort räumlich konzentriert aufgebracht wird, und wobei unter ortsfest gehaltenem Werkstück bei jeweils einer abgeschlossenen Drehung der Sonde durch ein gleichzeitiges Absenken der Sonde der jeweils bearbeitete Oberflächenort über die gesamte zu bearbeitende Oberfläche wandert.

DE 198 17 091 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Werkstücks mit einer verschleißbeständigen Oberfläche, insbesondere ein Verfahren zur Oberflächenbehandlung mit einem Strahlverfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Aus der DE 39 10 098 A1 ist beispielsweise bekannt, Rohre mittels Lasern zu schweißen, wobei eine stabförmige Sonde mit einem Linsensystem in ein Werkstück eingetaucht wird.

Bei der Laseroberflächenbehandlung ist nun jedoch eine in bestimmten Fällen im wesentlichen flächendeckende Randschichtbehandlung insbesondere einer Werkstückinnenseite durch Aufbringung von Laserenergie über weite Bereiche zu schaffen, bei der insbesondere ein Umschmelzen, Einlegieren, Dispergieren und ein Beschichten mit Pulver oder mit Draht zu bewerkstelligen ist.

Gegenüber anderen Verfahren können erhöhte Legierungsanteile in der Randschicht, intermetallische Verbindungen in der Randschicht oder auch ein Siliziumgehalt in der Randschicht erhöht werden. Weiter kann man mit einer Kornverfeinung in der Randschicht, insbesondere bei Aluminium Guß- oder Knetlegierungen in metallischen Werkstoffen eine erhöhte Abriebfestigkeit, die beispielsweise in Motorkomponenten, aber auch andere verschleißbeanspruchten Werkzeugen, Rohren und Führungsbuchsen erreicht werden soll, erreichen.

Bisherige verschleißbeständige Werkstücke wurden dadurch erreicht, daß das gesamte Material des Werkstücks, mit einem Zusatzstoff legiert wird, beispielsweise einer Aluminiumgußlegierung bis zu 17% Silizium zugesetzt wurde. Dieses Silizium läßt die abriebbeständiger zu gestaltende Oberfläche zwar in erwünschter Weise härter werden, andererseits jedoch wird das Werkstück insgesamt spröde und es ergeben sich erhebliche Probleme beim Guß.

Aufgabe der Erfindung dagegen ist die nachträgliche Einlegierung von Legierungsbestandteilen, die eine Oberfläche verschleißbeständiger machen, sowie die Schaffung einer Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale der Hauptansprüche gelöst. Die Unteransprüche geben vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung wieder.

Insbesondere ist durch die Verwendung eines Laserlichtstrahls, der am Ort seines Auftreffens ein Plasma aus Werkstoffmaterial erzeugt, die Einbringung von Pulver in das lokal erzeugte Plasma möglich. Durch die Einbringung von Siliziumpulver mit einer Korngröße von beispielsweise 50  $\mu$  bis 150  $\mu$  läßt sich bei einem Laserlichtstrahl von 2 kW auf 0,5 bis 2 mm Fleckdurchmesser eine Eindringtiefe von 1 mm erreichen, die eine genügend dicke verschleißbeständige Schicht erzeugt, so daß diese Schicht sich nicht bei mechanischer Belastung vom Werkstück trennt. Gleichzeitig wird durch das gewählte Fördergas, z. B. ein Edelgas, eine Trennung des Plasmas von reaktiver sauerstoffhaltiger Atmosphäre gewährleistet. Die Laserstrahlleistung wird derart gesteuert, daß eine geeignete Verteilung von Primär- und Sekundär-Hartphase entsteht.

Vorteilhaftweise wird durch einen derart eingebrachten Siliziumanteil von 20-50% in der Hartphase der Oberfläche sichergestellt, daß nach wie vor elastische Eigenschaften in der Tiefe des Werkstücks vorliegen, die es möglich machen, die mechanischen Belastungen beispielsweise einer Zylinderlauffläche eines Motors aufzunehmen.

Weiter sind erhebliche thermische Probleme zu lösen, wenn, wie vorgeschlagen, eine Energiestrahlsonde in einen zylindrischen Abschnitt eines Werkstückes eingetaucht wird. Außer der durch das Werkstück abgestrahlten Wärme

ergeben die geometrischen Verhältnisse eine erhebliche Erwärmung des Sondenkopfes, der erfindungsgemäß durch eine Wasserkühlung entgegengewirkt wird.

Weiter ist der Sondenkopf nach der Erfindung drehbar ausgestaltet, so daß, anders als in bisher den Erfindern bekannten Anlagen in denen das Werkstück gedreht werden muß, dieses nunmehr ortsfest bleiben kann, eine beispielsweise bei zu bearbeitenden Motorblöcken bedeutende Erleichterung. Statt dessen wird nun Laserlicht und einzulegendes Pulver in seinem Fördermedium jeweils über eine Drehdurchführung dem Sondenkopf zugeführt.

Günstig bei der Bearbeitung von Innenräumen ist jedoch, daß der erhitzte Fleck der zu bearbeitenden Oberfläche an dem das Pulver direkt ins Plasma eingebracht wird, durch das Fördergas so stark angeblasen wird, daß etwaige auftretende störende Dämpfe, die durch die Plasmabildung des Werkstoffes erzeugt werden, aus dem Innenraum des Werkstückes sofort abtransportiert werden. Die (vorzugsweise Laser-)Optik wird dabei durch einen Cross-Jet, eine quer vor der Optik erfolgende Ausbringung im wesentlichen von Fördergas frei gehalten und entsprechend verhindert, daß ausgebrachtes Pulver sich auf der Optik absetzt.

Falls nötig kann zusätzlich zum Förder- auch ein separates Schutzgas neben dem Energiestrahl in der Sonde zugeführt werden.

Bei einer Laserlichtleistung von ca. 2 kW auf einen Strahlfleck von einem Durchmesser von ca. 0,5 bis 2 mm bei einem Vorschub von 300 bis 1500 mm pro Minute und bei einer Fördergaszuführung von ca. 10-20 l pro Minute mit dazu zu rechnender Pulverzuführung von bis zu 10 g pro Minute kann so die Sonde z. B. auf einen sich spiraling wandern definierten Oberflächenort räumlich konzentriert das Werkstück bearbeiten, wobei bei jeweils einer abgeschlossenen Drehung der Sonde durch ein gleichzeitiges Absenken der Sonde der jeweils bearbeitete Oberflächenort über die gesamte zu bearbeitende Oberfläche wandern kann.

Auf diese Weise wird eine Einlegierung von 20-50% Silizium in der Oberfläche erzeugt wird, wobei überschüssiges Siliziumpulver insbesondere am Ende der Bewegung mit dem Fördergas aus dem Werkstückinneren abtransportiert wird.

Die Vorrichtung eignet sich insbesondere zur Innenraumbearbeitung eines Leichtmetallmotorblocks, wobei die Sonde in der zusammen mit einer Zuführung von Siliziumpulver in einem Förder- und Schutzgas eine Energiestrahl-ausbringende Einrichtung angeordnet ist, in einen Motorblock eingesenkt werden kann, ohne diesen, wie zuvor nötig, als solchen zu drehen.

Durch einen an der Sonde angeordneten Drehantrieb für wenigstens den Endabschnitt der Pulverausbringdüse und der Energiestrahl-ausbringseinrichtung, und den teleskopischen Antrieb, der diesen Endabschnitt absenkt, ist ein gleichzeitiger Einsatz für eine Mehrzahl von Zylindern realisiert.

Dabei ist in den vorgeschlagenen stabförmigen Sonden ein einen parallelen Laserlichtstrahl über eine Auslängstrecke kollimierendes Linsensystem vor einem im Sondenkopf ausgebildeten Unlenkspiegel vorgesehen, wobei für die eine drehkoppelte Durchführung für drei Prozeßmeidienleiter, nämlich wenigstens für einen Kühlwasser-Zu- und -Rücklauf, sowie für pulverführendes Fördergas in dem auslängbaren freivertreibbaren Sondenkopf der Randbereich vorgesehen ist.

Schließlich wird ein beispielsweise oberhalb des (Laser-)Strahlaustritts angeordneter Crossjet-Austritt im Bereich des Laserlichtaustritts vorgesehen, der mit der Zuführung des Schutzgas in Verbindung steht, und beispielsweise nach unten gerichtet ist. Für die Pulverausstrittsdüse können je

nach zu erzielender Einbringtiefe und Fortschreitungs geschwindigkeit durch einfachen Austausch der auswechselbaren Endteile geeignete Geometrien gewählt werden.

Insgesamt läßt sich durch diese Anordnung eine recht enge Annäherung der Sonde an das Werkstück von beispielsweise 40 mm gewährleisten, wesentlich weniger, als bei bisherigen pulverausbringenden Einrichtungen möglich war, die im Bereich von 70 mm lagen. Durch geeignete Fokusformende Mittel oder einen Strahlteiler wird eine ruhige Prozeßführung erreicht. Ebenso ist es möglich, eine sonst noch notwendige Wärmebehandlung auf diese Weise einzusparen.

Außer der Aufbringung von Laserenergie zur Erzeugung eines Plasmas ist auch die Verwendung anderer Strahlverfahren, z. B. Plasma- oder Elektronenstrahlen denkbar.

Insbesondere für den Einsatz von Hochleistungslasern wie eines Nd-YAG-Lasers ist eine Rotationsoptik für die Rohrinnencbearbeitung geeignet, bei der mit einer fokussierenden Optik und einem Beam-Expander eine verlängerbare parallele Strecke erzeugt wird, in der auch eine im wesentlichen von Pulver freie Strecke zur Ausbringung von Prozeßgas vorgesehen ist. Durch entsprechende Mittel könnte ein Pulvertransport in äußeren Randbereichen der Sonde erfolgen.

Bezüglich des Sondenkopfes muß darauf hingewiesen werden, daß außer dem Laserlicht auch ein Kühlmedium (z. B. H<sub>2</sub>O) und ggf. ein zusätzliches Schutzgas für den Crossjet, u. U. Luft, neben den Prozeßgasen, in denen ein Pulver mitgeführt ist, jeweils über die Drehführung in den kontinuierlich sich drehenden äußeren Sondenkopf eingeleitet werden.

Dies wird erfundungsgemäß durch eine drehentkoppelte Durchführung für Kühlwasser-Zu- und -rücklauf erreicht. Gleichzeitig ist der Laserstrahl in diesem Bereich frei verlaufend, so daß möglichst viel Raum für die Ausbringung der Materialien möglich ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Werkstückes mit einer verschleißbeständigen Oberfläche, insbesondere eines Leichtmetallmotorblockes mit verschleißbeständigen Innenkolbenlauflächen, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit einer Sonde zusammen mit der kontinuierlichen Zuführung von Siliziumpulver in einem Förder- und Schutzgas ein Energierstrahl auf einen sich spiralförmig wandernden definierten Oberflächenort räumlich konzentriert aufgebracht wird und wobei unter ortsfest gehaltenem Werkstück bei jeweils einer abgeschlossenen

Drehung der Sonde durch ein gleichzeitiges Absenken der Sonde der jeweils bearbeitete Oberflächenort über die gesamte zu bearbeitende Oberfläche wandert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Laserlichtleistung von ca. 2 kW auf einen Strahlfleck von einem Durchmesser von ca. 0,5 bis 2 mm bei einem Vorschub von 300 bis 1500 mm pro Minute bei einer Prozeßgaszuführung von ca. 10–20 l pro Minute und einer Pulverzuführung von bis zu 10 g pro Minute eine Einlegierung von 20–50% Silizium in der Oberfläche erzeugt wird, wobei überschüssiges Siliziumpulver insbesondere am Ende der vertikalen Bewegung mit dem Fördergas aus dem Werkstückinneren ausgebracht wird.

3. Vorrichtung zur Oberflächenbearbeitung eines Werkstückes zur Erlangung einer verschleißbeständigen Oberfläche, insbesondere zur Innenraumbearbeitung eines Leichtmetallmotorblockes, gekennzeichnet durch

– eine Sonde in der zusammen mit einer Zuführung von Siliziumpulver in einem Förder- und Schutzgas eine Energierstrahlaustragende Einrichtung angeordnet ist,

– einen an der Sonde angeordneten Drehantrieb für den Abschnitt einer Pulverausbringdüse und einer Energierstrahlaustrageneinrichtung,

– einen teleskopischen Antrieb für den Abschnitt einer Pulverausbringdüse und einer Energierstrahlaustrageneinrichtung.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3 zur Laseroberflächenbehandlung, dadurch gekennzeichnet, daß

– in einer stabförmigen Sonde, ein einen parallelen Laserlichtstrahl über eine Auslängstrecke kolimierendes Linsensystem vor einem im Sondenkopf ausgebildeten Umlenkspiegel vorgesehen ist, und

– eine drehentkoppelte Durchführung für drei Prozeßmedienleiter, nämlich wenigstens für einen Kühlwasser-Zu- und -Rücklauf, einen Schutzgasleiter, sowie für pulverführendes Fördergas in den auslängbaren freiverdrehbaren Sondenkopf vorgesehen ist,

wobei ein Crossjet-Austritt im Bereich des Laserlichtaustritts vorgesehen ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß für die Versorgung des Crossjet-Austritts mit Schutzgas nach der Drehdurchführung eine Fluidverbindung gewählt ist, die den Laserstrahl, jedoch kein gefördertes Pulver, oder nur in unwesentlichen Mengen, an den Umlenkspiegel gelangen läßt.

**- Leerseite -**